



10

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Feststellung eines vorgegebenen Füllstands eines Mediums in einem Behälter mit einer an einer dem vorgegebenen Füllstand entsprechenden Position in dem Behälter befestigten aktiven Sensoranordnung, wobei die aktive Sensoranordnung ein Anregungselement und ein Sensorelement umfaßt, wobei das Anregungselement und das Sensorelement mit einer Ansteuerschaltung gekoppelt sind, wobei das Anregungselement in Abhängigkeit von einem von der Ansteuerschaltung zugeführten Ansteuersignal mechanische Schwingungen erzeugt und bei Erreichen des vorgegebenen Füllstands auf das Medium überträgt, wobei das Sensorelement mechanische Schwingungen in ein elektrisches Sensorausgangssignal umwandelt.

[0002] Vorrichtungen der eingangs genannten Art werden zu einem großen Teil bei der Feststellung von Füllständen von Flüssigkeiten verwendet.

[0003] Typische Vorrichtungen der eingangs genannten Art weisen einen mechanischen Schwinger auf, der von einem piezo-elektrischen oder elektromagnetischen elektromechanischen Wandler angeregt wird. Der Schwinger ragt in den Behälter hinein und wird bei Erreichen des Füllstands von dem Medium mechanisch bedämpft. Ein mechanoelektrischer Wandler oder Sensor, beispielsweise ein piezo-elektrischer Wandler, erfaßt die Schwingungen des Schwingers oder Schwingkörpers und gibt ein davon abhängiges Sensorausgangssignal aus. Unter Vorgabe einer angepaßten Anregung und in Abhängigkeit von dem erfaßten Sensorausgangssignal wird dann festgestellt, ob der Füllstand erreicht ist.

[0004] Beispielsweise beschreibt die Offenlegungsschrift DE 17 73 815 eine Vorrichtung zur Feststellung des Füllstands eines Behälters, bei der zwei miteinander mechanisch gekoppelte Schwingstäbe in den Behälter hineinragen. Diese werden von einem elektromagnetischen Wandler in Schwingungen versetzt. Ein Sensor erfaßt die Schwingungen und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Sensorausgangssignal, welches verstärkt und in einer Rückkopplungsschleife zur erneuten Anregung der Schwingstäbe verwendet wird. Die dort beschriebene Vorrichtung ist so ausgebildet, daß die Schwingstab-Anordnung zu Schwingungen in ihrer Eigenfrequenz angeregt wird, sofern sich die Schwingstäbe in dem Behälter in Luft aufhalten. Erreicht dagegen das in dem Behälter eingefüllte Medium den vorgegebenen Füllstand und beaufschlagt die Schwingstäbe, so wird deren Schwingung soweit gedämpft, daß die Schwingungen schließlich ganz aussetzen. Das Vorhandensein der Schwingungen wird als Anzeige für das Nicht-Erreichen des Füllstands gewertet.

[0005] In der Folgezeit wurden weitere Ausbildungen von Vorrichtungen, die einen in den Behälter hineinragenden Schwinger verwenden, bekannt, bei denen zur Feststellung des Erreichens eines vorgegebenen Füllstands die Abklingzeitdauer bei periodischer Impulsanregung (z. B. DE 30 44 354 C2), die Amplitude einer periodisch abklingenden Schwingung (DE 35 16 200 A1) oder die Schwingfrequenz bei einer vorgegebenen Resonanzbedingung (Phasenbeziehung) (z. B. US 5,895,848) ausgewertet werden. Die ausreichend genaue Auswertung des Schwingverhaltens hinsichtlich der Frequenz bzw. der Zeit erfordert aber in der Regel eine relativ komplizierte Auswerteschaltung, damit Fehlinterpretationen des von dem Sensor erfaßten Signals vermieden werden.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die eine einfache und für die Hauptanwendungsfälle ausreichend zuverlässige

Feststellung der Erreichung des Füllstands gestattet.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Ein wesentlicher Grundgedanke der erfindungsgemäßen Lösung ist die Erkenntnis, daß dann, wenn eine Ansteuerschaltung verwendet wird, um das Ansteuersignal für das Anregungselement in Abhängigkeit von dem Sensorausgangssignal des Sensorelements zu erzeugen, und wenn diese Ansteuerschaltung so ausgebildet wird, daß sich die mit dem Ansteuersignal übertragene Leistung erhöht, wenn das Medium den vorgegebenen Füllstand erreicht (schließt hier ein Überschreiten des Füllstands ein) und dadurch auf die aktive Sensoranordnung einwirkt, eine einfache Erfassungsschaltung zur Erfassung einer erhöhten Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung ausreicht, um ein das Erreichen des Füllstands anzeigendes Ausgangssignal zu erzeugen. Die sich ändernde Leistungsaufnahme der die aktive Sensoranordnung ansteuernden Ansteuerschaltung ist für die meisten Anwendungsfälle ausreichend signifikant. Die Gesamtanordnung ist relativ einfach, da weder ein spezielles Regime der Anregung des Anregungselements noch eine komplizierte Auswerteschaltung zur Auswertung des Frequenz/Zeit-Verhaltens des Sensorausgangssignals erforderlich ist.

[0008] Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung umfaßt das Anregungselement einen elektromechanischen Wandler, der mit einem mechanischen Schwinger verbunden ist, wobei das Medium bei Erreichen des vorgegebenen Füllstands auf wenigstens einen Teil des mechanischen Schwingers schwingungsdämpfend einwirkt und wobei das Sensorelement mit dem mechanischen Schwinger derart gekoppelt ist, daß es die Schwingungen des mechanischen Schwingers erfaßt. Der mechanische Schwinger ist beispielsweise ein Gabelschwinger, von dessen beiden Zungen wenigstens eine so in den Behälter hineinragt, daß sie von dem Medium bei Erreichen des vorgegebenen Füllstands bedämpft wird. Der mechanische Schwinger (zumindest aber dessen mit dem Medium in Kontakt tretenden Oberflächen) ist vorzugsweise aus einem Kunststoff gefertigt, der gegen aggressive Medien beständig ist und eine hohe mechanische Güte aufweist. Der elektromechanische Wandler ist vorzugsweise ein elektromagnetischer Schwingungserreger. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dieser Vorrichtung erzeugt die Ansteuerschaltung das Ansteuersignal für das mit dem mechanischen Schwinger verbundene Anregungselement derart, daß die Schwingungsamplitude der mechanischen Schwingungen, aus denen das Sensorelement das Sensorausgangssignal erzeugt, auf einem näherungsweise konstanten Wert gehalten wird. Eine Ansteuerschaltung, die lediglich die Schwingungsamplitude auf einem näherungsweise konstanten Wert hält, ist relativ einfach zu implementieren. Der gewünschte Effekt der Leistungserhöhung bei Erreichen des Füllstands ergibt sich dann dadurch, daß bei einer Bedämpfung des mechanischen Schwingers die diesem zuzuführende Leistung erhöht werden muß, damit der dämpfende Einfluß kompensiert wird. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die Ansteuerschaltung einen von einem Steuersignal angesteuerten Leistungsverstärker zur Erzeugung des Ansteuersignals, einen Analog-Digital-Wandler zur Umsetzung des Sensorausgangssignals in ein digitales Eingangssignal, einen Mikrocontroller mit einem Eingabeport zum Empfangen des digitalen Eingangssignals und mit einem Ausgabeport zur Ausgabe eines digitalen Steuersignals und einen Digital-Analog-Wandler zur Umsetzung des digitalen Steuersignals in das den Leistungsverstärker ansteuernde Steuersignal auf. Der Mikrocontroller erzeugt das digitale Steuersignal in Abhängigkeit von dem digitalen Eingangssi-

gnal unter Abarbeitung eines Steuerprogramms und unter Verwendung von Parameterdaten aus einem Speicher. Mikrocontroller, d. h. Mikroprozessoren mit zugehörigen Speichereinrichtungen (ROM, RAM) und Eingabe/Ausgabe-Schnittstellen einschließlich D/A-Wandlern und A/D-Wandlern sind universelle und preiswert verfügbare Bauelemente. Die Leistungsaufnahme-Änderung wird dabei im wesentlichen von der Änderung der Leistungsaufnahme der analogen Ansteuerschaltung bestimmt, die das Ansteuersignal für das Anregungselement erzeugt. Die Stromaufnahme (bei Konstantspannungsspeisung) der übrigen Bauelemente der Regelschaltung bleibt dagegen im wesentlichen konstant.

[0009] Eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Anregungselement einen elektromechanischen Wandler umfaßt, der bei Erreichen des vorgegebenen Füllstandes Schwingungen auf das Medium überträgt, die sich in dem Medium als Wellen ausbreiten, und daß das Sensorelement die sich im Medium ausbreitenden Wellen erfassen kann, wobei die aktive Sensoranordnung einen Übertragungsvierpol bildet, dessen Übertragungskennwerte vom Erreichen des Füllstandes abhängig sind. Zwischen Anregungselement und Sensorelement wird eine mechanische Übertragungsstrecke gebildet, die durch das Medium bei Erreichen des Füllstandes geschlossen wird. Bei einem Ausführungsbeispiel dieser Ausführungsform ist der Übertragungsvierpol in eine Rückkoppelstrecke eines astabilen Multivibrators derart eingekoppelt, daß sich dessen Schwingverhalten und Leistungsaufnahme signifikant ändern, wenn das Medium den Füllstand erreicht hat. Bei Erreichen des Füllstandes verringert sich der Übertragungswiderstand der Rückkoppelstrecke und es wird eine stärkere Schwingung des astabilen Multivibrators angeregt. Das stärkere Schwingen führt zu einer erhöhten Leistungsaufnahme. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Übertragungsvierpol in den Rückkoppelzweig einer Oszillatorschaltung derart eingekoppelt, daß der Oszillator dann zu Schwingungen angeregt wird, wenn das Medium den Füllstand erreicht hat. Die Oszillatorschaltung kann beispielsweise einen Hartley-Oszillator oder einen Colpitts-Oszillator umfassen.

[0010] Eine bevorzugte Weiterbildung der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Vierpol in eine von zwei Rückkoppelstrecken eines astabilen Multivibrators eingekoppelt ist und daß der astabile Multivibrator in den Rückkoppelzweig der Oszillatorschaltung eingebunden ist. Das Anregungselement ist ein Ultraschallsensor und das Sensorelement ein Ultraschallempfänger. Der astabile Multivibrator ist vorzugsweise mit zwei Bipolartransistoren in Übersteuerungstechnik aufgebaut, wobei der Kollektorwiderstand eines der beiden Transistoren durch einen Parallelschwingkreis aus Induktivität und Kapazität gebildet ist. Die Induktivität oder die Kapazität sind in zwei in Reihe geschaltete Induktivitäten bzw. Kapazitäten mit einem Mittelabgriff aufgeteilt (Hartley- bzw. Colpitts-Oszillator), wobei die Rückkopplung aus diesem Abgriff zur Basis des Transistors über die Ultraschall-Sender-Empfänger-Strecke und den astabilen Multivibrator vorgenommen wird. Der Parallelschwingkreis ist vorzugsweise auf die Resonanzfrequenz der Ultraschall-Sender-Empfänger-Strecke abgestimmt. Es hat sich gezeigt, daß die eine Kombination eines astabilen Multivibrators und eines Oszillators enthaltende Ansteuerschaltung eine signifikante Erhöhung der Leistungsaufnahme bei Erreichen des Füllstandes (Schließen der Ultraschallstrecke) erfährt und somit besonders gut für die erfindungsgemäße Vorrichtung geeignet ist.

[0011] Bei beiden genannten Grundausführungsformen

kann die Erfassungsschaltung bei einem Ausführungsbeispiel einen in die Stromversorgungsleitung der Ansteuerschaltung eingekoppelten Widerstand und eine die Spannung über den Widerstand auswertende Schaltung umfassen. Ein solcher Shunt-Widerstand erlaubt eine einfache Erfassung der erhöhten Stromaufnahme. Bei anderen Ausführungsformen erfaßt die Erfassungsschaltung wenigstens eine von der Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung abhängige Spannung in der Ansteuerschaltung selbst, wobei die erfaßte Spannung einen vorgegebenen Spannungswert über- oder unterschreitet, wenn die Leistungsaufnahme den vorgegebenen Wert überschreitet. In bevorzugter Weiterbildung weist die Erfassungsschaltung einen Komparator auf, der die erfaßte Spannung mit einer Referenzspannung vergleicht und ein binäres Signal ausgibt, aus dem das Ausgangssignal abgeleitet ist. Dies gestattet eine besonders einfache und zuverlässige Erfassung eines für das Erreichen des Füllstandes signifikanten Werts der Leistungszunahme bzw. Stromzunahme (bei Speisung mit einer im wesentlichen konstanten Spannung).

[0012] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0013] Im folgenden wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen näher beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

[0014] Fig. 1 ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung;

[0015] Fig. 2 ein Schaltbild einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Feststellung eines vorgegebenen Füllstandes eines Mediums in einem Behälter mit einem Gabelschwinger; und

[0016] Fig. 3 ein Schaltbild einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Feststellung eines vorgegebenen Füllstandes eines Mediums in einem Behälter mit einer aus Ultraschallsender und Ultraschallempfänger bestehenden, in den Behälter hineinragenden aktiven Sensoranordnung.

[0017] Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Feststellung eines vorgegebenen Füllstands eines Mediums 1 in einem Behälter 2. An einer dem vorgegebenen Füllstand 3 entsprechenden Position ist in dem Behälter eine aktive Sensoranordnung 4 befestigt. Die aktive Sensoranordnung 4 umfaßt ein Anregungselement 5 und ein Sensorelement 6. Über Leitung 7 wird dem Anregungselement 5 ein Ansteuersignal zugeführt, wobei das Anregungselement 5 in Abhängigkeit von dem Ansteuersignal mechanische Schwingungen erzeugt. Das Anregungselement 5 ist somit ein elektromechanischer Wandler oder Aktor, der beispielsweise aus einem elektromagnetischen Wandler oder einem piezo-elektrischen Wandler besteht. Das über die Leitung 7 dem Anregungselement 5 zugeführte Ansteuersignal wird von einem Verstärker 9 erzeugt, welcher Bestandteil einer Ansteuerschaltung 10 ist. Der Verstärker 9, vorzugsweise ein Leistungsverstärker, wird wiederum von einer Steuereinrichtung 11 innerhalb der Ansteuerschaltung 10 gesteuert. Das Sensorelement 6 wandelt mechanische Schwingungen in ein elektrisches Sensorausgangssignal um, welches über die Leitung 8 der Eingangsschaltung 12 in der Ansteuerschaltung 10 zugeführt wird. Bei den Leitungen 7 und 8 handelt es sich selbstverständlich in der Regel um zwei oder mehr Leitungen, was von der Art des verwendeten Aktors 5 bzw. Sensors 6 abhängig ist. Die Eingangsschaltung 12 wandelt das Sensorausgangssignal in ein für die Steuereinrichtung 11 geeignetes Eingangssignal um. Die Steuereinrichtung 11 erzeugt in Abhängigkeit von dem Eingangssignal das Steuersignal für den Leistungsverstärker 9, wobei die mit dem so erzeugten Ansteuersignal übertragene Leistung erhöht wird, wenn das

Medium den vorgegebenen Füllstand erreicht und dadurch auf die aktive Sensoranordnung 4 einwirkt. Die Ansteuerschaltung 10 ist so ausgebildet, daß sich deren Leistungsaufnahme erhöht, wenn die Leistung des über die Leitung 7 übertragenen Ansteuersignals erhöht wird. Dies kann beispielsweise deshalb der Fall sein, weil der Stromverbrauch der Ansteuerschaltung 10 im wesentlichen durch den Stromverbrauch des Leistungsverstärkers 9 bestimmt wird. Die Strom- bzw. Spannungsversorgung der Ansteuerschaltung 10 erfolgt über die Leitungen 13 und 14. Die Leitung 14 ist bei dem in Fig. 1 gezeigten Beispiel mit Masse verbunden, während die Leitung 13 über einen Vorwiderstand R mit der Versorgungsspannung  $U_B$  verbunden ist. Der Widerstand R ist vorzugsweise so gering gewählt, daß der von unterschiedlichen Betriebsströmen  $I_B$  bewirkte unterschiedliche Spannungsabfall über dem Widerstand R die Versorgungsspannung zwischen den Leitungen 13 und 14 relativ wenig beeinflusst. Der Spannungsabfall  $U_R$  über dem Widerstand R ist ein Maß für die Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung 10. Diese Spannung  $U_R$  wird den Eingängen 15 einer Auswerteschaltung 16 zugeführt. Die Auswerteschaltung 16 erzeugt eine Ausgangsspannung  $U_A$  auf der Leitung 17. Diese Ausgangsspannung  $U_A$  weist beispielsweise einen niedrigen Wert (z. B. 0–0,5 Volt) auf, wenn die Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung und somit die Spannung  $U_R$  unterhalb eines vorgegebenen Wertes liegt, und die Ausgangsspannung  $U_A$  steigt sprunghaft auf einen hohen Wert (z. B. 5 Volt), wenn die Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung 10 und somit die Spannung  $U_R$  einen vorgegebenen Wert überschreitet. Das Überschreiten des vorgegebenen Werts der Spannung  $U_R$  wird von der Auswerteschaltung 16 erfaßt, beispielsweise durch einen Vergleich der Spannung zwischen den Eingangsanschlüssen 15 mit einem Spannungsreferenzwert, der innerhalb der Auswerteschaltung 16 gebildet wird.

[0018] Fig. 2 zeigt ein Schaltbild einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Feststellung eines vorgegebenen Füllstands eines Mediums in einem Behälter, das einen Gabelschwinger 20 aufweist. Alternativ können andere mechanische Schwingkörper (z. B. Stäbe) verwendet werden. Die mechanischen Schwingkörper, zumindest die in den Behälter 2 hineinragenden Abschnitte, sind vorzugsweise aus einem gegen aggressive Medien beständigen und eine ausreichend hohe mechanische Güte aufweisenden Kunststoff hergestellt, beispielsweise durch Spritzguß. Die aktive Sensoranordnung 4 umfaßt einen elektromagnetischen Schwingungserreger 5 zur Anregung von Schwingungen in dem Gabelschwinger 20 und einen piezo-elektrischen Sensor 6 zur Erfassung der Schwingungen des Gabelschwingers 20. Sowohl das elektromagnetische Anregungssystem 5 als auch der Sensor 6 sind am Fuß des Gabelschwingers 20, vorzugsweise außerhalb der Wandung des Behälters 2, montiert. Der Gabelschwinger 20 ragt durch die Behälterwand in das Innere des Behälters 2. Die Zungen werden von dem in dem Behälter 2 befindlichen Medium bedämpft, wenn das Medium den Füllstand erreicht (bzw. ihn überschritten) hat. Die Sensoranordnung 4 ist vorzugsweise in ein Kunststoffgehäuse eingebracht, welches mit einem Außengewinde versehen ist und in die Behälterwand eingebaut wird. Dabei ragen die beiden Zungen oder Schenkel des Gabelschwingers in den Behälter hinein.

[0019] Über die Leitungen 7 und 8 sind der elektromagnetische Schwingungserreger 5 bzw. der piezo-elektrische Sensor 6 mit der Ansteuerschaltung 10 verbunden. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 weist die Ansteuerschaltung 10 drei Differenzverstärker 21, 22 und 23 auf. Der Verstärker 21 verstärkt und invertiert das über die Leitungen 8

empfangene Sensorausgangssignal. Am invertierenden Eingang des Verstärkers 22 liegt eine Spannung an, die einer Differenz zwischen dem Sensorausgangssignal und einem Sollwert entspricht. Der Verstärker 22 steuert über die Leitungen 7 den elektromagnetischen Schwingungserreger an. Die Ansteuerschaltung 10 enthält ferner einen aktiven Gleichrichter 24 und einen Mikrocontroller 25. Der Mikrocontroller 25 arbeitet ein Programm ab, das eine Regelung des vom Verstärker 22 ausgegebenen Ansteuersignals derart bewirkt, daß die Amplitude des vom Sensor 6 erfaßten Signals konstant gehalten wird. Bei der Abarbeitung des in einem internen Speicher gespeicherten Programms empfängt der Mikrocontroller 25 Eingabedaten über Eingabeschnittstellen und gibt die zur Ansteuerung der Verstärker erforderlichen Ausgabedaten über Ausgabeschnittstellen aus.

[0020] Wenn das Medium in dem Behälter 2 einen Füllstand erreicht, bei dem es die Zungen des Gabelschwingers 20 berührt und deren Schwingungen dämpft, so führen die gedämpften Schwingungen zu einem geringeren Ausgangssignal des Sensors 6. Die Ansteuerschaltung 10 empfängt das geringere Sensorausgangssignal und erzeugt daraufhin über den Verstärker 22 ein Ansteuersignal mit einer höheren Leistung für den elektromagnetischen Schwingungserreger 5, um den Abfall der Amplitude des Sensorausgangssignals zu kompensieren. Die Leistung des Ansteuersignals für den Schwingungserreger 5 wird solange erhöht, bis das Sensorausgangssignal wieder einen gewünschten Sollwert erreicht hat. Dadurch erhöht sich die Leistungsaufnahme des Verstärkers 22 und der gesamten Ansteuerschaltung 10. Der erhöhte Leistungsbedarf der Ansteuerschaltung 10 wird durch einen erhöhten Stromverbrauch bei näherungsweise konstanter Betriebsspannung gedeckt. Der höhere Stromverbrauch führt zu einem größeren Spannungsabfall über dem Widerstand R2. Über einen aus den Widerständen R8 und R9 bestehenden ersten Spannungsteiler und einen aus den Widerständen R5, R22 und R23 bestehenden zweiten Spannungsteiler wirkt der Spannungsabfall über dem Widerstand R2 auf den Komparator K1. Das Ausgangssignal ist über einen aus dem Widerstand R7 und dem Kondensator C3 gebildeten Integrator an den nicht-invertierenden Eingang des Komparators K2 angekoppelt. Der invertierende Eingang des Komparators K2 ist an den aus den Widerständen R5, R22 und R23 gebildeten Spannungsteiler angekoppelt. Das Ausgangssignal des Komparators K2 schaltet einen Ausgangs-MOSFET Q2 direkt, um ein erstes Ausgangssignal zu bilden, sowie einen weiteren Ausgangs-MOS-FET Q3 indirekt über den aus dem Transistor T2 gebildeten Invertierer, um ein zweites, invertiertes Ausgangssignal zu bilden. Alternativ können die Ausgangstransistoren Q2 und Q3 durch Relais ersetzt werden. Die Sensoranordnung 4 und die Gesamtschaltung, bestehend aus der Ansteuerschaltung 10 und der Versorgungs- und Auswerteschaltung, sind vorzugsweise in ein Kunststoffgehäuse eingebracht, wobei das Kunststoffgehäuse auch als Träger für den Schwingkörper dient und in die Behälterwand einschraubbar ist. Dies gestattet eine preiswerte und kompakte Gestaltung des Füllstandssensors.

[0021] Fig. 3 zeigt ein Schaltbild einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Feststellung eines vorgegebenen Füllstands eines Mediums in einem Behälter 2 mit einer aus Ultraschallsender 5' und Ultraschallempfänger 6' bestehenden, in den Behälter 2 hineinragenden aktiven Sensoranordnung 4' (die mit einem Strich versehenen Bezugszeichen bezeichnen Elemente, die in ihrer Funktion den mit denselben Bezugszeichen ohne Strich gekennzeichneten Elementen der Fig. 1 und 2 entsprechen). Bevor die Details der aktiven Sensoranordnung 4' und der Ansteuerschaltung 10' beschrieben werden, die

sich von der Sensoranordnung und Ansteuerschaltung gemäß Fig. 2 unterscheiden, sei darauf hingewiesen, daß der Schaltungsabschnitt, der die Ansteuerschaltung 10' versorgt und der erfaßt, wenn die Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung den vorgegebenen Leistungsschwellwert überschreitet, im wesentlichen gleich der in Fig. 2 dargestellten Schaltungsanordnung ist. Auch hier führt die erhöhte Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung 10' zu einem erhöhten Spannungsabfall (diesmal allerdings nicht über einem Widerstand, sondern über einer Induktivität), wobei dann, wenn die sich erhöhende Spannung einen vorgegebenen Wert überschreitet, eine Komparatorschaltung K1 ein dies anzeigendes Ausgangssignal erzeugt. Der zu erfassende Spannungsabfall wird über den Spannungsteiler, der aus den Widerständen R9 und R8 besteht, dem nicht-invertierenden Eingang des Komparators K1 zugeführt, während der aus den Widerständen R5, R23 und R22 bestehende Spannungsteiler eine Referenzspannung an dem invertierenden Eingang des Komparators K1 erzeugt. Bezüglich der weiteren Funktionen wird auf die Beschreibung der Fig. 2 verwiesen. Wie bereits kurz erwähnt, besteht der Unterschied gegenüber dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2, bei dem der Spannungsabfall über dem Vorwiderstand R2 erfaßt worden ist, darin, daß bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 eine Spannung an einem Knoten 30 innerhalb der Auswerteschaltung 10' abgetastet wird, wobei die Spannung an dem Knoten 30 mit der Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung 10' korreliert.

[0022] Die bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 verwendete aktive Sensoranordnung 4' umfaßt einen piezoelektrischen Ultraschallwandler 5', der als Ultraschallsender eingekoppelt ist und in den Behälter 2 hineinragt. In einem vorgegebenen Abstand zu dem Ultraschallsender 5' ist in dem Behälter 2 ein zweiter piezo-elektrischer Ultraschallwandler eingebracht, der als Ultraschallempfänger dient. Die Übertragung der Ultraschallschwingungen von dem Ultraschallsender zu dem Ultraschallempfänger hängt von dem zwischen den beiden piezo-elektrischen Ultraschallwandlern befindlichen Medium ab. Sofern in dem Raum zwischen den beiden piezo-elektrischen Ultraschallwandlern, der vorzugsweise als Spalt ausgebildet ist, lediglich Luft oder ein anderes Gas vorhanden ist, ergibt sich nur eine geringe Einkopplung von Ultraschallschwingungen in den Ultraschallempfänger. Wenn jedoch das (vorzugsweise flüssige) Medium den vorgegebenen Füllstand innerhalb des Behälters 2 erreicht hat, wird der Raum zwischen Ultraschallsender und Ultraschallempfänger mit dem Medium gefüllt, wodurch sich eine gute Weiterleitung der Ultraschallschwingung vom Ultraschallsender zu dem Ultraschallempfänger ergibt. Der Ultraschallsender 5' ist über die Leitungen 7' mit der Ansteuerschaltung 10' gekoppelt; ebenso ist der Ultraschallempfänger 6' über die Leitungen 8' mit der Ansteuerschaltung 10' gekoppelt. Die Ansteuerschaltung 10' enthält eine Oszillatorschaltung, deren Ausgangssignal den Ultraschallsender 5' ansteuert, wobei das über den Ultraschallempfänger 6' empfangene Signal in die Oszillatorschaltung rückgekoppelt wird. Die aus Ultraschallsender und Ultraschallempfänger bestehende Ultraschall-Strecke ist derart in die Oszillatorschaltung eingekoppelt, daß eine signifikant stärkere Schwingung dann angeregt wird, wenn die Ultraschall-Strecke durch das im Behälter 2 befindliche Medium geschlossen ist. Die Oszillatorschaltung umfaßt einen mit den beiden Bipolartransistoren T3 und T4 aufgebauten astabilen Multivibrator in Übersteuerungstechnik. Der astabile Multivibrator weist zwei Rückkoppelstrecken auf, die jeweils von dem Kollektor des einen Bipolartransistors zur Basis des anderen Bipolartransistors zurückkoppeln. Die eine Rückkoppelstrecke wird

durch den Kondensator C7 gebildet. Die andere Rückkoppelstrecke wird über den Kondensator C4, die Ultraschall-Sender-Empfänger-Strecke (7', 5', 6', 8') und den Kondensator C11 gebildet. Zwischen dem Kollektor des Transistors T4 und der Versorgungsspannung findet sich der Kollektorwiderstand R20. Anstelle eines zwischen dem Kollektor des Transistors T3 und der Versorgungsspannung eingeschalteten Kollektorwiderstandes ist ein Parallelschwingkreis, bestehend aus den Induktivitäten L1 und L2 und dem Kondensator C8, eingesetzt. Die Induktivitäten L1 und L2 sind in Serie geschaltet, wobei an den Knoten 30 zwischen den beiden Induktivitäten der Kondensator C4 des zweiten Rückkoppelzweiges angeschaltet ist.

[0023] Grundsätzlich wäre es denkbar, anstelle des aus Induktivitäten und Kapazitäten bestehenden Parallelschwingkreises einen einfachen Kollektorwiderstand zu verwenden, wobei in diesem Fall der Kondensator C4 an den Kollektor des Transistors T3 angeschaltet würde. Es hat sich aber gezeigt, daß in diesem Fall die unterschiedliche Schwingungsanregung mit bzw. ohne Medium im Spalt zwischen Ultraschallsender und Ultraschallempfänger nicht ausreichend differiert, um eine signifikante Änderung der Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung 10' zu bewirken. Die Ultraschall-Sender-Empfänger-Strecke 4' weist eine Eigenfrequenz auf, an die die Schwingfrequenz der astabilen Multivibratorschaltung angepaßt sein sollte. Aber auch bei angepaßter Frequenz der Multivibratorschaltung sind die Unterschiede in der Leistungsaufnahme zwischen den beiden zu erfassenden Zuständen zu gering.

[0024] Ein wesentlich besseres Ergebnis wurde durch die Aufnahme des Parallelschwingkreises (L1, L2, C8) anstelle des Kollektorwiderstandes des einen Bipolartransistors der Multivibratorschaltung erzielt. Der Parallelschwingkreis bzw. die sich aus der Art der Einkopplung des Parallelschwingkreises ergebende Hartley-Oszillatorschaltung wird vorzugsweise auf die Eigenfrequenz der Ultraschall-Sender-Empfänger-Strecke 4' abgestimmt. Die Eigenfrequenz bzw. die Dimensionierung der übrigen Komponenten der Multivibratorschaltung (ohne Parallelschwingkreis) ist in diesem Falle relativ unkritisch. Die Multivibratorschaltung wird von dem Parallelschwingkreis gezwungen, in dessen Eigenfrequenz zu schwingen. Die Gesamtanordnung ist ausreichend empfindlich, so daß es nur dann zur Schwingungsanregung kommt, wenn die Ultraschall-Strecke durch das Medium geschlossen ist, weil dieses den Füllstand erreicht bzw. überschritten hat. Befindet sich Luft zwischen dem Ultraschallsender 5' und dem Ultraschallempfänger 6', so kommt es lediglich zu sehr geringen oder gar keinen Schwingungen in der Multivibratorschaltung.

[0025] Die Anordnung aus Ultraschallsender 5' und Ultraschallempfänger 6' ist wiederum vorzugsweise in ein Kunststoffgehäuse eingebracht, das mit einem Außengewinde versehen ist. Es wird in die Behälterwand derart eingeschraubt, daß Ultraschallsender und -empfänger in das Innere des Behälters hineinragen.

[0026] Im Rahmen des Erfindungsgedankens sind zahlreiche alternative Ausführungsformen denkbar. Beispielsweise kann bei der zuletzt beschriebenen Ausführungsform anstelle des astabilen Multivibrators eine analoge Oszillatorschaltung verwendet werden, in deren Rückkopplungsweig sich die Ultraschallwandlerstrecke befindet. Andererseits können anstelle eines astabilen Multivibrators mit Bipolartransistoren in Übersteuerungstechnik andere Multivibratorschaltungen verwendet werden.

#### Patentansprüche

#### 1. Vorrichtung zur Feststellung eines vorgegebenen

Füllstands (3) eines Mediums (1) in einem Behälter (2) mit einer an einer dem vorgegebenen Füllstand entsprechenden Position in dem Behälter (2) befestigten aktiven Sensoranordnung (4), wobei die aktive Sensoranordnung (4) ein Anregungselement (5) und ein Sensorelement (6) umfaßt, wobei das Anregungselement (5) und das Sensorelement (6) mit einer Ansteuerschaltung (10) gekoppelt sind, wobei das Anregungselement (5) in Abhängigkeit von einem von der Ansteuerschaltung (10) zugeführten Ansteuersignal mechanische Schwingungen erzeugt und bei Erreichen des vorgegebenen Füllstands (3) auf das Medium (1) überträgt, wobei das Sensorelement (6) mechanische Schwingungen in ein elektrisches Sensorausgangssignal umwandelt, wobei die Ansteuerschaltung (10) das Sensorausgangssignal empfängt und in Abhängigkeit von dem Sensorausgangssignal das Ansteuersignal für das Anregungselement (5) derart erzeugt, daß sich die mit dem Ansteuersignal übertragene Leistung erhöht, wenn das Medium (1) den vorgegebenen Füllstand (3) erreicht und dadurch auf die aktive Sensoranordnung (4) einwirkt, wobei sich die Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung (10) erhöht, wenn die Leistung des Ansteuersignals erhöht wird, und wobei die Vorrichtung eine Erfassungsschaltung (R, 15–17) aufweist, die ein Ausgangssignal ( $U_A$ ) erzeugt, wenn die Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung (10) einen vorgegebenen Wert überschreitet, wodurch das Ausgangssignal das Erreichen des Füllstandes (3) durch das Medium (1) anzeigt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Anregungselement (5) einen elektromechanischen Wandler umfaßt, der mit einem mechanischen Schwinger verbunden ist, daß das Medium bei Erreichen des vorgegebenen Füllstandes auf wenigstens einen Teil des mechanischen Schwingers schwingungsdämpfend einwirkt, und daß das Sensorelement mit dem mechanischen Schwinger derart gekoppelt ist, daß es die Schwingungen des mechanischen Schwingers erfaßt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der mechanische Schwinger ein Gabelschwinger ist, von dessen beiden Zungen wenigstens eine so in den Behälter hineinragt, daß sie von dem Medium bei Erreichen des vorgegebenen Füllstands bedämpft wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der elektromechanische Wandler ein elektromagnetischer Schwingungserreger ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerschaltung das Ansteuersignal derart erzeugt, daß sie die Schwingungsamplitude der mechanischen Schwingungen, aus denen das Sensorelement das Sensorausgangssignal erzeugt, auf einem näherungsweise konstanten Wert hält.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerschaltung einen von einem Steuersignal angesteuerten Leistungsverstärker zur Erzeugung des Ansteuersignals umfaßt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Ansteuerschaltung einen Analog-Digital-Wandler zur Umsetzung des Sensorausgangssignals in ein digitales Eingangssignal, einen Mikrocontroller mit

einem Eingabeport zum Empfangen des digitalen Eingangssignals und mit einem Ausgabeport zur Ausgabe eines digitalen Steuersignals und einen Digital-Analog-Wandler zur Umsetzung des digitalen Steuersignals in das den Leistungsverstärker ansteuernde Steuersignal aufweist, wobei der Mikrocontroller unter Abarbeitung eines Steuerprogramms und unter Verwendung von Parameterdaten aus einem Speicher das digitale Steuersignal in Abhängigkeit von dem digitalen Eingangssignal erzeugt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Anregungselement (5) einen elektromechanischen Wandler umfaßt, der bei Erreichen des vorgegebenen Füllstandes (3) Schwingungen auf das Medium (1) überträgt, die sich in dem Medium als Wellen ausbreiten, und daß das Sensorelement (6) die sich in dem Medium (1) ausbreitenden Wellen erfassen kann, wobei die aktive Sensoranordnung (4) einen Übertragungsvierpol bildet, dessen Übertragungskennwerte vom Erreichen des Füllstandes (3) abhängig sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Übertragungsvierpol in eine Rückkoppelstrecke eines astabilen Multivibrators derart eingekoppelt ist, daß sich dessen Schwingverhalten und Leistungsaufnahme signifikant ändern, wenn das Medium den Füllstand erreicht hat.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Übertragungsvierpol in den Rückkoppelzweig einer Oszillatorschaltung derart eingekoppelt ist, daß der Oszillator zu Schwingungen angeregt wird, wenn das Medium den Füllstand erreicht hat.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Oszillatorschaltung einen Hartley-Oszillator oder einen Colpitts-Oszillator umfaßt.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Vierpol in eine von zwei Rückkoppelstrecken eines astabilen Multivibrators eingekoppelt ist und daß der astabile Multivibrator in den Rückkoppelzweig der Oszillatorschaltung eingebunden ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8–12, dadurch gekennzeichnet, daß das Anregungselement ein Ultraschallsensor und das Sensorelement ein Ultraschallempfänger ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–13, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungsschaltung einen in die Stromversorgungsleitung der Ansteuerschaltung eingekoppelten Widerstand (R) und eine die Spannung über dem Widerstand auswertende Schaltung (16) umfaßt.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1–13, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungsschaltung wenigstens eine von der Leistungsaufnahme der Ansteuerschaltung abhängige Spannung in der Ansteuerschaltung erfaßt, die einen vorgegebenen Spannungswert über- oder unterschreitet, wenn die Leistungsaufnahme den vorgegebenen Wert überschreitet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Erfassungsschaltung einen Komparator aufweist, der die erfaßte Spannung mit einer Referenzspannung vergleicht und ein binäres Signal ausgibt, aus dem das Ausgangssignal abgeleitet ist.

- Leerseite -

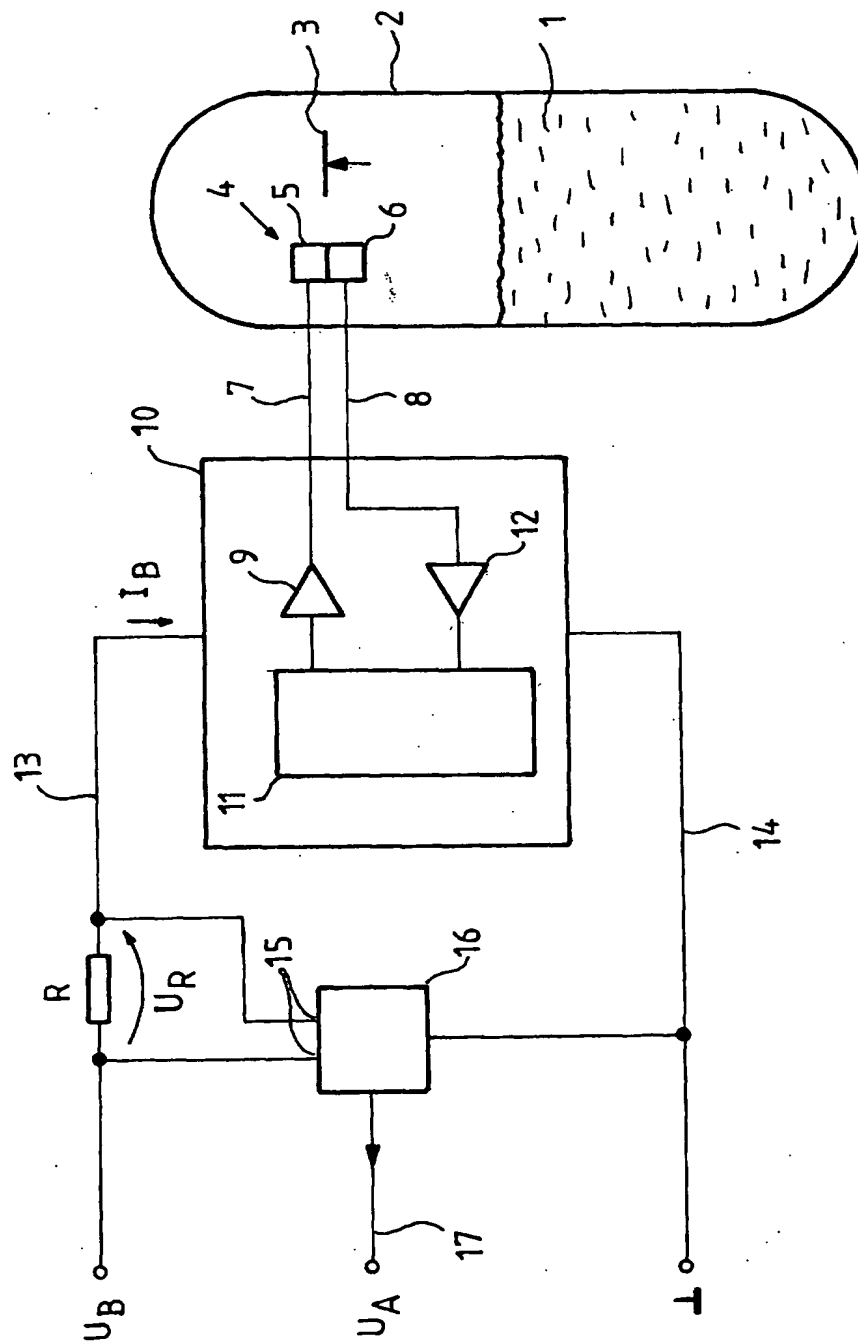


Fig. 1



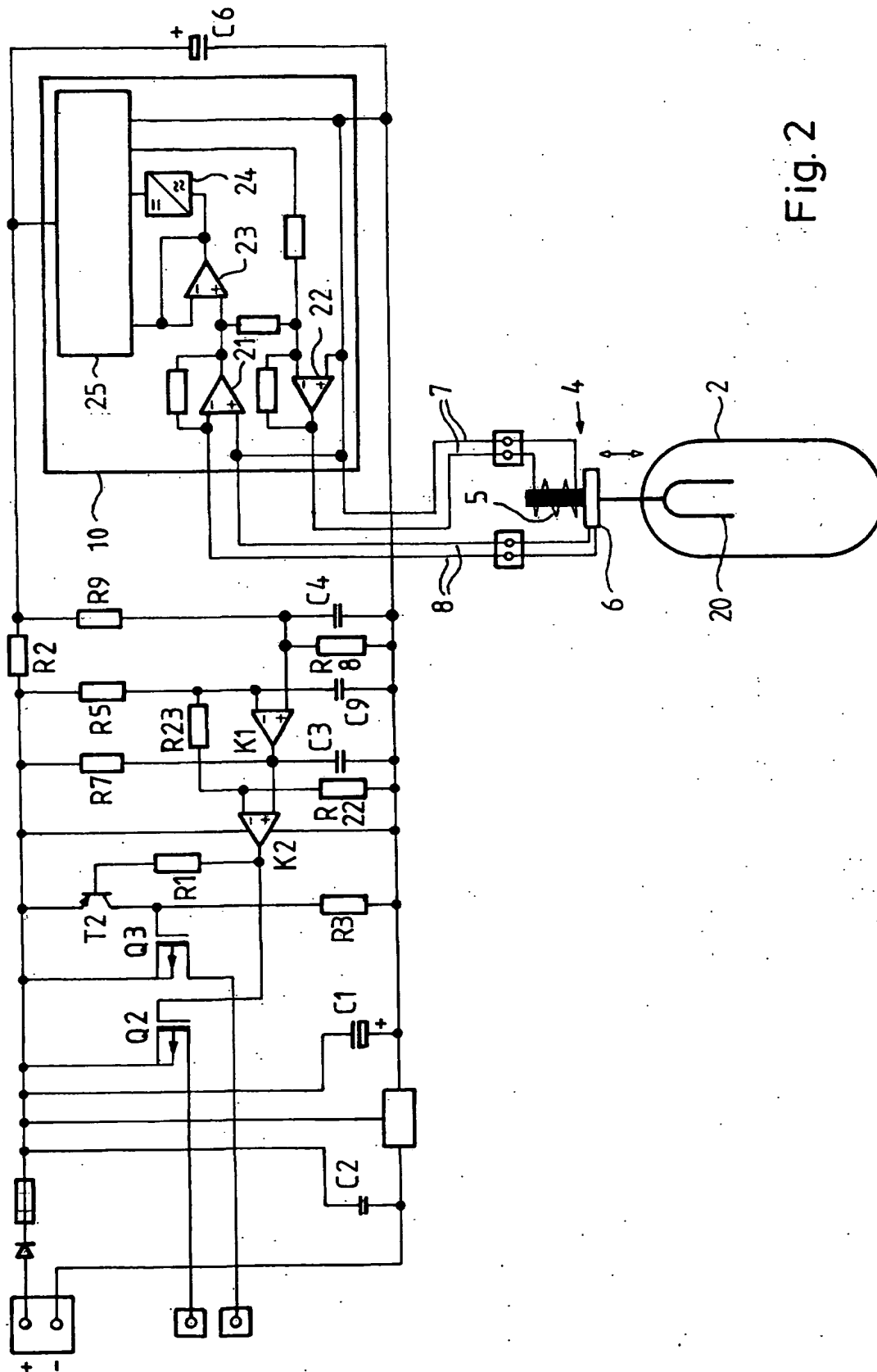


Fig. 2

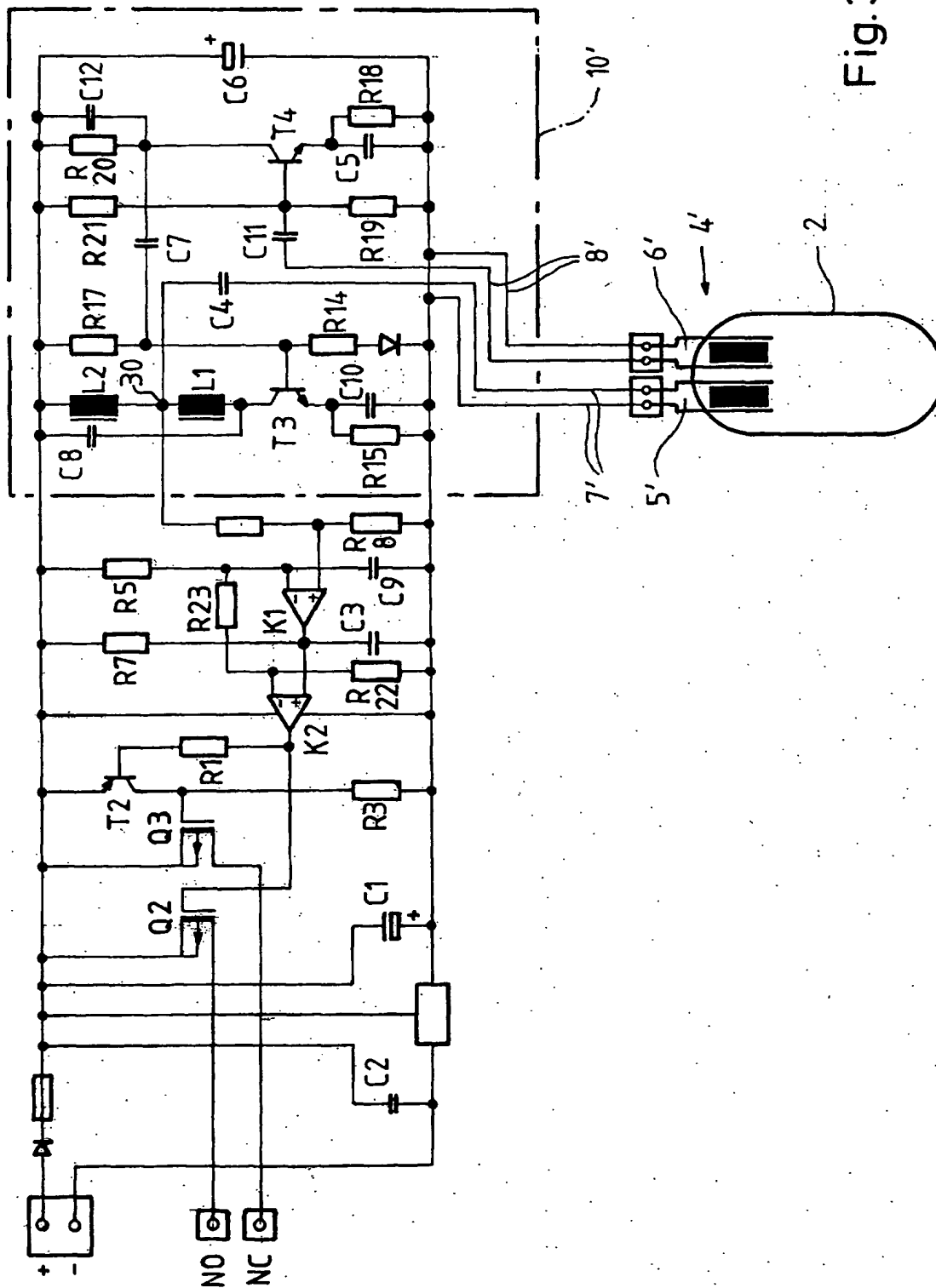


Fig. 3